原 著 論 文

貴金属床義歯フィニッシングライン部漏洩防止に関する研究

—表面改質法とフィニッシングライン部形態について—

小西 洋次

Adhesion Method of Resin for Precious Metal Alloy Base Denture

—Surface Modification Methods for Precious Metal Alloys and
Design of Finishing Line Area—

Yoji Konishi

Abstract : The adhesion between 4-META resin and two kinds of precious metal alloy (Au-Ag-Pd alloy, Type IV gold alloy) treated by six kinds of surface modification methods, Adlloy, M-primer, V-primer, Silicoater, Type I Tin electroplating, and Type II Tin electroplating, was examined in order to find a way to prevent marginal leakage at the finishing line area of precious metal alloy base denture. The adhesiveness was evaluated by the percolation test and the shear bond strength. Two kinds of finishing line type, the butt-joint type and the slope type, were studied by the percolation test after applying these adhesion systems to removable partial denture with precious metal alloy base.

The results were as follows :

1. Precious metal surface modifications by Adlloy surface modification method and Type II Tin electroplating method improved the adhesiveness.
2. Precious metal surface modifications by Adlloy surface modification method and Type II Tin electroplating method were improved the shear bond strength.
3. By Adlloy surface modification method or Type II Tin electroplating method and the slope type finishing line, marginal leakage was prevented.

From the results, it was suggested that marginal leakage in the finishing line area of precious metal alloy base denture could be prevented by the Adlloy surface modification method or Type II Tin electroplating method and the slope type finishing line.

Key words : adhesive resin, precious metal alloy base denture, surface modification method, percolation, finishing line

I. 緒 言

近年, 科学技術の進歩に伴い, 歯科医療の分野において

も種々の技術的発展が遂げられている。特に, 歯科材料には飛躍的な向上がもたらされ, その中でも歯質あるいは金属と強固に接着する接着性レジンの開発は特筆すべきものである。充填学の分野においては, 接着性レジンの誕生は, 窩洞形成法に大きな変化をもたらすと同時に, レジン充填処置による修復の予後を飛躍的に向上させた^{1,2)}。また, 歯冠補綴学の分野においては, レジン前装冠の色調再現性や耐久性を向上させ^{3,4)}, また, 接着性ブリッジ等, 広く臨床に使用されるに至っている。一方, 有床義歯補綴

北海道医療大学歯学部歯科補綴学第1講座 (主任・指導: 平井敏博教授)

Department of Removable Prosthodontics, Health Sciences University of Hokkaido School of Dentistry (Chief and Director: Prof. Toshihiro Hirai)

平成8年9月27日受付

分野においては、ニッケル・クロム合金やコバルト・クロム合金などの非貴金属合金床に対しては、4-META 系接着性レジンを使用することによって十分な接着性が得られ、金属床義歯の問題点であった金属とレジンの接着境界部（フィニッシングライン部）における義歯の汚染や破損等の防止が可能になった⁵⁻¹¹⁾。しかし、非貴金属合金に比較して、適合性および耐腐食性に優れ、生体に対する為害性も少ないとされている貴金属合金は本質的に接着材に対しての活性が低く、床用レジンとの優れた接着がなされず、金属床義歯を製作する上での問題となっている。この問題を改善するために、種々の貴金属表面処理方法が開発され、常温重合レジンに関しては、ほぼ十分な接着性が得られるに至った^{2,12-17)}。しかしながら、常温重合型レジンの理工学的性質は加熱重合型レジンより劣っていることから、従来より、加熱重合型レジンが義歯床用レジンとして用いられている。したがって、補綴臨床の立場からは、加熱重合型レジンと貴金属合金との接着が望まれるところである。そこで、本研究では、4-META 含有の加熱重合型接着性レジンと貴金属合金とを接着させるための有効な表面処理法を検索した。またレジンの重合収縮と熱収縮に起因する応力による接着界面の破壊について、さらに、貴金属床義歯のフィニッシングライン部における漏洩防止のための形態について検討した。

II. 材料および方法

1. 材 料

1) 被着合金

被着合金として、金銀パラジウム合金（NEW PALLA GOLD, 金 12% パラジウム 20% 銀 55% 銅 10% その他 3%, 日本橋徳力社製）および、ADA 規格タイプ IV 金合金（NC-TYPE IV, 金 71% 白金 2% パラジウム 3% 銀 4.9% 銅 17% その他 2.1%, 日本橋徳力社製）

図 1 Molecular structure of adhesive monomer
 接着性モノマーの分子構造

を用いた。

2) 加熱重合型接着性床用レジン

床用レジンとして、モノマーに 4-メタクリロキシエチルトリメリット酸無水物（4-META, 図 1）を含有するアクリル系合成樹脂（META-DENT, サンメディカル社製）を用いた。

2. 貴金属合金表面処理法

被着合金表面には、以下の 6 種類の表面処理を施した。

1) Adlloy 改質法：液状の Ga-Sn 合金（Adlloy, 日本橋徳力社製）を、貴金属合金表面に擦りつけることにより、合金表面に一層の Ga と Sn の合金層を形成させる方法。

2) M-プライマー法：チオリン酸系メタクリルエステル混合物（M 10 PS, 図 1）を含む金属接着プライマー（メタルプライマー, ジーシー社製）を薄く一層合金表面に塗布することで、合金表面に M 10 PS の単分子層を形成させる方法。

3) V-プライマー法：6-（4-ビニルベンジル-n-プロピル）アミノ-1,3,5-トリアジン-2,4-ジチオン（VBATDT, 図 1）を含む金属接着プライマー（V-プライマー, サンメディカル社製）を合金表面に塗布後、余剰なプライマーをアセトンで洗浄し、合金表面に VBATDT の分子層を形成させる方法。

4) シリコーター法：テトラエトキシシランをメタルフレーム表面に塗布後、400°C で加熱することにより、金属表面にガラス層を形成し、続いて、シランカップリング剤で処理する方法（シリコーター, クルツァー社製）。

5) スズ電析法 I：クラエース MODEL-100（クラエース MODEL-100, クラレ社製）を使用し、電析容器内での硫化第一錫メッキ浴によって、スズの結晶を合金表面に電気化学的に析出させる方法。

6) スズ電析法 II：クラエースミニ（クラエースミニ, クラレ社製）を使用し、電極先端の綿球に硫化第一錫水溶液を含ませて合金に通電させ、スズ（Sn）の結晶を合金表面に電気化学的に析出させる方法。

3. 各種表面処理方法による接着効果の検討

1) 色素侵入試験による観察

縦 15 mm, 横 35 mm, 厚さ 0.8 mm のリテンションホールが付与されているワックスパターン（ワックスリテンションホール, 松風社製）を用い、鑄造により金銀パラジウム合金の被着合金片を製作した。鑄造された被着合金片のスプルー線の切断やバリの除去等の形態修正を行った後、接着させるレジン部の厚さが 1 mm となるようにワックスアップを行い、通法に従い義歯用フラスコに石膏で埋没した。石膏硬化後、流蠟し、レジン填入・重合のための石膏鑄型を準備した。石膏鑄型の完成後、被着合金片を鋳

図 2 Specimen with retention hole
リテンションホール試験片の模式図

型よりいったん取り出し、被着面を鏡面に研磨した後に各種表面処理法を施し、再び石膏鑄型に戻し、レジン填入を行った。65°C 温水中で 60 分、100°C 温水中で 30 分のキュアリングサイクルにて重合を行い、義歯用フラスコを室温まで放冷した後、試験片を取り出した。試験片辺縁部レジンのバリを除去するために、水冷式材料研磨機を用いた。また、レジン面は色素侵入状態の観察を容易にするために、600 番のエメリーペーパーにて研磨した後、アルミナにてバフ研磨した (図 2)。各表面処理法の効果を評価するために、色素液に試験片を 30 分間浸した後、色素侵入の程度を肉眼にて観察した。なお、試験片は 2 種類の合金に対して、各種表面処理法ごとに 5 個ずつ、合計 60 個製作した。

2) 剪断強さの測定

被着合金片として、縦 10 mm、横 10 mm、厚さ 4 mm の金銀パラジウム合金板の一面の中央部に、剪断試験用治具に試料を保持するための長さ 7 mm、直径 5 mm のステンレススチール棒を鐵着した (図 3)。次に、この被着面の中央部にパラフィンワックスを満たした内径 6 mm のステンレススチールリングを固定し、鐵着部を下方にして義歯用フラスコに埋没した。流蠟後、被着金属片を取り出し、被着面を鏡面に研磨した。被着面に各表面処理法を施した後、これを義歯用フラスコに戻し、上盆のステンレススチールリング内にレジンを填入し、重合を行った。この試験片を超硬石膏にて剪断試験用治具に固定し、剪断試験用試験片とした。なお、剪断試験にはオートグラフ (DDS-5000・島津製作所製) を用い、クロスヘッドスピードは 2.0 mm/min とした。なお、試験片は重合直後と浸漬 5 日後、6 種類の表面処理法ごとに 10 個ずつ、合計 120 個製作した。

4. レジンの重合収縮と熱収縮に起因する応力の検討

1) 試験片の「たわみ」による検討

被着合金片として、縦 10 mm、横 50 mm、厚さ 0.1 mm および 0.3 mm の金銀パラジウム合金板を製作した。シートワックスを用いて、接着させるレジン部の厚さがそれぞれ 1.0、2.0、3.0 mm となるようにワックスアップを行い、埋没、表面処理、填入、重合、取り出しを行った。

図 3 Specimen for shearing bond strength test
剪断試験片の模式図

図 4 Measuring method of deflection
たわみ量の測定方法

試験片辺縁部のバリを除去した後、試験片のたわみ量を万能投影機上で図 4 に示す方法により計測した。すなわち、レジン面を内側とした被着合金の両端を直線で結び、この直線から被着合金との間隔が最も離れた距離を計測し、たわみ量とした。なお、試験片は 0.1 mm および 0.3 mm の被着合金片に対して、3 種類のレジン厚さごとに 5 個ずつ、合計 30 個製作した。

2) 「たわみ」を抑制した試験片の色素侵入試験による検討

被着金属片として、縦 10 mm、横 40 mm、厚さ 2 mm の金銀パラジウム合金、および ADA 規格タイプ IV 金合金板のそれぞれを縦 10 mm、横 40 mm、厚さ 3 mm のステンレススチールに鐵着し、製作した。シートワックスにて、接着させるレジン部の厚さがそれぞれ 1.0、2.0、3.0 mm となるようにワックスアップを行い、埋没、表面処理、填入、重合、取り出しを行った。試験片辺縁部レジンのバリの除去には、水冷式材料研磨機を用いた。また、レジン面は色素侵入状態の観察を容易にするために、600 番のエメリーペーパーにて研磨した後、アルミナにてバフ研磨した。各表面処理法の効果を評価するために、色素液に試験片を 30 分間浸したのち、万能投影機を用いて被着部と色素侵入部をトレースし、デジタイザーにより被着面積および色素侵入面積を計測した (図 5)。なお、接着性の評価には、被着面積に対する色素侵入面積の百分率を算出し、剝離率として表示した。また、試験片は 2 種類の金属と各種表面処理法ごとに 5 個ずつ、合計 60 個製作し、

$$\text{剥離率} = \frac{A}{A+B} \times 100\%$$

図 5 Calculating method of peeling rate
剥離率の算出方法

図 6 Specimen with butt-joint and slope
type finishing line
フィニッシングライン試験片の模式図

重合直後および重合後 37°C 温水中に 5 日間浸漬後に色素侵入試験を行い、剥離率を算出した。

5. 有床義歯フィニッシングライン部形態の検討

被着金属片として、縦 15 mm、横 15 mm、厚さ 6.8 mm にアクリル板を調整し、これに、厚さ 0.8 mm のリテンションホールが付与されているパターンワックス（ワックスリテンションホール、松風社製）を接合し、図 6 に示すように、フィニッシングライン部の一侧をバットジョイント形態（Type A）に、また、反対側を 3/10 の傾斜面形態（Type B）に仕上げたワックスパターンを製作し、金銀パラジウム合金にて鋳造した。次に、接着性レジンを填入する部位のワックスアップを行い埋没した。流蠟後、フラスコから被着金属片をいったん取り出し、被着面に接着前処理としてアルミナ・サンドブラスト処理を施し、填入、重合、取り出しを行った。試験片辺縁部レジンのバリの除去には、水冷式材料研磨機を用いた。また、レジン面は色素侵入状態の観察を容易にするために、600 番のエメリーペーパーにて研磨した後、アルミナにてパフ研磨した。各種表面処理法の効果を評価するために、被着試験片を色素液に 30 分間浸した後、万能投影機を用いて被着部と色素侵入部をトレースし、デジタイザーにより接着部長さと剥離部長さを計測した。なお、接着性の評価は図 7 に示すように、フィニッシングラインの長さに対する剥離部

$$\text{フィニッシングライン剥離率} = \frac{A}{A+B} \times 100\%$$

図 7 Calculating method of peeling rate at finishing line
フィニッシングライン剥離率の算出方法

長さの百分率を算出し、フィニッシングライン剥離率として表示した。なお、試験片は 5 個製作し、重合直後から 56 日間 37°C 温水中に浸漬し、経時的なフィニッシングライン剥離率を算出した。

III. 結 果

1. 各種表面処理方法による接着効果の検討

1) 色素侵入試験

リテンションホール付き試験片による色素侵入試験の結果を図 8 に示した。すなわち、すべての表面処理方法において、全試験片に試験片外周からの色素侵入が観察されたが、Adlloy 改質法とのスズ電析法 II においては、色素侵入はわずかであった。一方、Adlloy 改質法およびスズ電析法 II 以外の表面処理法においては、リテンションホール周囲からの色素侵入も観察された。また、いずれの試験片においてもレジンを内側とする試験片のたわみが観察された。

2) 剪断試験

重合直後および 37°C 温水中に 5 日間浸漬後の剪断試験の結果は、それぞれ図 9 および図 10 に示すとおりであった。すなわち、重合直後においては、スズ電析法 II により処理したものは、249.9 kgf/cm²、Adlloy 改質法により処理したものは 232.7 kgf/cm² であり、他の表面処理方法に比較して統計学的に有意に高い値を示したが、両者間の差は有意ではなかった。なお、M-プライマー法、V-プライマー法により処理したものは、それぞれ 28.7 kgf/cm²、18.6 kgf/cm² であり、さらに、シリコーン法により処理したものは、重合直後にすべて接着界面から剥離していた。また、5 日間浸漬後においても、同様の傾向を示した。

2. レジンの重合収縮と熱収縮に起因する応力の検討

1) 試験片の「たわみ」による検討

レジンを重合後に「たわみ」を生じた試験片の 1 例は図 11 に示すとおりであった。また、レジン厚さと試験片のたわみ量の関係は、図 12 に示すとおりであった。すなわ

図 8 Specimen after percolation test
色素侵入試験後におけるリテンションホール試験片の 1 例

図 9 Shearing bond strength in each modification method (immediately after processing)
各表面処理方法による剪断強さ (重合直後)

図 11 Deflected specimen
たわんだ試験片の 1 例

図 10 Shearing bond strength in each modification method (water immersion for 5 days)
各表面処理方法による剪断強さ (浸漬 5 日後)

図 12 Relationship between the degree of deflection and the thickness of metal with different thickness of resin
各被着合金厚さにおけるレジン厚さとたわみ量

図 13 Peeling rate obtained from flat type specimen of Au-Ag-Pd alloy in each modification method (immediately after processing and water immersion for 5 days)
平板試験片 (金銀パラジウム合金) における各表面処理法と剝離率

図 14 Peeling rate obtained from flat type specimen of Type IV gold alloy in each modification method (immediately after processing and water immersion for 5 days)
平板試験片 (Type IV 金合金) における各表面処理法と剝離率

ち、レジン厚さの増加により、たわみ量が減少する傾向が示された。

2) 「たわみ」を抑制した試験片の色素侵入試験による検討

金銀パラジウム合金と ADA 規格タイプIV金合金における剝離率はそれぞれ図 13, 14 に示すとおりであった。すなわち、重合直後および重合後 37°C 温水中に 5 日間浸漬後のいずれにおいても、Adlloy 改質法およびスズ電析法 II の表面処理方法が、他の 4 種類に比較して統計学的に有意に低い剝離率を示した。また、いずれの表面処理法においても、ADA 規格タイプIV金合金に比較して、金銀パラジウム合金の剝離率は統計学的に有意に低い値を示した。なお、M-プライマー法、V-プライマー法、シリコーター法、スズ電析法 I の 4 種類の表面処理方法においては、接着させたレジンのほとんどが重合直後に剝離していた。

3. 有床義歯フィニッシングライン部形態の検討

色素侵入試験後の各試験片の 1 例は図 15 に示すとおりであった。すなわち Type A においては、フィニッシング

図 15 Specimen after percolation test with butt-joint (Type A) and slope type (Type B) finishing line
色素侵入試験後のフィニッシングライン試験片の一例
Type A: バットジョイント形態, Type B: 傾斜面 (3/10) 形態

図 16 Peeling rate in finishing line area and water immersion period with butt-joint (Type A) and slope type (Type B) finishing line
フィニッシングライン剝離率

ライン部方向からの色素侵入が顕著であったが、Type B においては、色素の侵入は観察されなかった。なお、フィニッシングライン剝離率の経時的变化は図 16 に示すとおりであった。すなわち、Type A においては重合直後よりフィニッシングライン剝離率が 100% であり、レジンと金属との接合部が完全に剝離していたのに対し、Type B においては重合後 56 日に至るまで、完全に接着していた。

IV. 考 察

一般に金属床義歯は、レジン床義歯に比して剛性が高いため合理的な設計が可能であり、義歯床を薄く小さくでき、適合性に優れ、熱伝導性が良いため異物感が小さいとされている。また、吸水性がなく衛生的であるため義歯床下粘膜組織を常に健康な状態に保つことができ、さらに、義歯のたわみが少ないため、維持歯に及ぼす為害作用が少ないなど、レジン床に比較して数々の優れた補綴的な利点を有している¹⁸⁾。さらに金属床義歯へ接着技法を応用することによって接着界面からの漏洩・義歯の汚染が防止でき

るうえ、金属とレジンとを化学的に接着し一体化させることによって義歯の強度が向上し、さらにフレーム自体の構造を単純化することができるため、より合理的な義歯の設計が可能となった。しかし、この化学的接着は非貴金属合金に対するものであり、貴金属合金に対しての、特に加熱重合型レジンとの接着技法はいまだ確立されていない。

本研究は、貴金属合金と加熱重合型レジンとの接着技法の確立を目的として、各種金属表面処理法を応用した際の接着性について、色素侵入試験および剪断試験により、その有効性の検討を行い、さらに、有床義歯補綴への応用が可能な表面処理法および被着面形態を検索したものである。

1. 加熱重合型接着性レジンと強固な接着を得るためのメタルフレーム表面改質法

本研究に用いた6種類の貴金属合金表面処理法は、臨床の各治療分野において頻繁に応用されている方法であり、各表面処理方法とも、多少操作方法に違いはあるが、特別な装置の必要性の有無という観点から2つに分類できる。

すなわち、シリコーター法、スズ電析法Ⅰ、スズ電析法Ⅱによる表面処理には、それぞれの方法に対応した特別な装置の使用が不可欠であるのに対し、Adlloy改質法、M-プライマー法、V-プライマー法は、液状の表面処理材を合金表面に塗布、あるいは塗布または擦りつけたのち除去するという方法であり、特別な器具や装置を必要とせず、臨床のチェアサイドにおいても簡便に応用できる方法である^{4,12,15,19-21}。各表面処理方法の接着機構について、Adlloy改質法、スズ電析法Ⅰ、スズ電析法Ⅱにおいては、改質された合金表面に対して、接着性レジンに含有されている4-METAの酸無水物基が水素結合、キレート結合、あるいはイオン結合などの化学的な結合を生ずることによって、接着が生じると考えられている。また、V-プライマー法においては、その主成分であるVBATDTのトリアジン環が金属表面に垂直に配置して単分子膜を形成し、VBATDTの末端の二重結合(C=C)がレジンとの共重合体を形成することにより、接着が生じている¹²⁾、また、M-プライマー法においては、チオリン酸系のモノマーであるM10PSの分子構造末端の=Sや-OHが金属との接着にかかわると推定される。さらに、シリコーター法においては、シランカップリング剤のシラノール基とSiO_x層のSiとシロキサン結合することによって、さらに、シランカップリング剤のメタクリロイル基とマトリックスのレジンが共重合体を形成することにより、接着すると考えられる²²⁾。しかし、これらの報告はいずれも常温重合型レジンを用いた場合の接着機構であり、加熱重合型レジンとの接着性に関してはほとんど報告されていない。

本研究において採用したAdlloy改質法、M-プライマー法、V-プライマー法、シリコーター法、スズ電析法

Ⅰ、スズ電析法Ⅱの6種類の金属表面処理法は、いずれも常温重合レジンとは十分な接着性を示し、臨床応用されているものである。しかし、本実験結果において、加熱重合型レジンと十分な接着性を示したものは、Adlloy改質法とスズ電析法Ⅱのみであり、他の4種類はきわめて低い接着性を示すにすぎなかった(図8~10, 13, 14)。この理由は、M-プライマー法、V-プライマー法、シリコーター法、スズ電析法Ⅰによる表面処理では、重合時の温度が100°Cであるため、表面改質効果が失われるためと考えられる。現在、臨床において広く応用され、十分な接着性が確認されている表面処理方法と非貴金属との接着強度は、100~250 kgf/cm²である^{23,24)}。

本研究においては、Adlloy改質法とスズ電析法Ⅱは、重合後5日間37°C温水中に浸漬した後の試料においても200 kgf/cm²以上の大きな剪断強さを示した。このことからAdlloy改質法とスズ電析法Ⅱは十分な接着性および接着耐久性があると考えられ、接着強さの観点からは、十分に臨床応用が可能であると判断できる。現在、義歯補綴治療において使用可能な貴金属は金銀パラジウム合金とADA規格タイプⅣ金合金であるが、両者における加熱重合型接着性レジンとの接着性を比較した場合、Adlloy改質法とスズ電析法Ⅱのいずれにおいても金銀パラジウム合金に対する接着性が高かった。この理由として、両表面処理法とも貴金属表面に非貴金属の酸化被膜を形成することにより接着性を向上させる方法であることから、被膜の形成過程の差異であると考えられる。

一般に、貴金属床義歯に加熱重合型レジンとを接着させるための表面処理方法として具備すべき条件としては、1) 重合時の加熱に耐えられる性質を有していること、2) 水中浸漬によっても十分な接着性を有すること、が挙げられる。本研究結果から、これらの要件を満たす表面処理法は、Adlloy改質法およびスズ電析法Ⅱであることが明らかになった。

2. レジンの重合収縮と熱収縮による接着界面の破壊

一般に金属床義歯においては、メタルフレームの欠損部顎堤上の部分には、義歯床用レジンとを維持するためのリテンションホールを付与したプレート状、あるいは格子状のスケルトンと呼ばれる形態が付与されている。そこで、まず、各種表面処理方法をリテンションホールを付与した被着合金片に施し、加熱重合型接着性レジンとの接着性を検討した。

この実験において、レジンと重合収縮と熱収縮によると考えられる試験片の「たわみ」が観察された。加熱重合型レジンには、ポリマー粉末とモノマーを体積比で約3:1に混合して用いるため、理論上は体積において約7%、直線方向において約2%収縮することとなる²⁵⁾。さらに、重合時の温度が100°Cであり、これと常温との差に対応した線

収縮率は 0.54% であり、計算上 2.54% の線収縮率となるが、実測値は 0.3~0.5%²⁶⁾ であり、計算から求めた値に比較してかなり小さい。これらの収縮に起因する応力は、剪断応力として直接レジンと金属の接着界面に作用し、金属表面からレジンを剥離させる応力として作用すると同時に、レジン面を内側とする「たわみ」を発現させる。「たわみ」が発現しやすい被着試験片での実験から、試験片がたわむことによって、接着界面に発現する応力が緩和されることが確認された。したがって、レジンの接着性を検討する際に、「たわみ」による影響を検討する必要性が挙げられる。そこで、「たわみ」が発現しやすい被着試験片での実験および、たわみを全く許容しない被着試験片での実験を計画した。「たわみ」を全く許容しない被着試験片での実験から、Adlloy 改質法およびスズ電析法 II の高い接着性が確認された。

3. フィニッシングライン部形態と漏洩

貴金属を用いた金属床義歯への接着技法の応用にあたり、使用金属は金銀パラジウム合金が、また、表面処理方法としては、Adlloy 改質法あるいはスズ電析法 II が適当と考えられた。そこで、フィニッシングライン部の漏洩防止法に関する実験を行った。その結果フィニッシングライン部が、バットジョイントの場合には、レジンの収縮による応力がフィニッシングライン部に集中し、レジンと金属との接合部を完全に破壊していた。一方、フィニッシングライン部に緩やかな傾斜面を付与し、接着界面におけるレジンの厚さを移行的に薄く仕上げた場合には、漏洩を完全に防止できることが明らかとなった (図 15, 16)。この理由は、接着界面に生ずる応力がフィニッシングライン部の形態によって減少するためと考えられる。

V. 結 論

4-META 系加熱重合型レジンと貴金属合金との接着性を、6 種類の貴金属合金表面処理方法を用いて色素侵入試験と剪断試験により総合的に評価し、貴金属フレームワークにおける漏洩防止法についての検討を行い、以下の結論を得た。

1. 色素侵入試験と剪断試験の結果から、4-META 系加熱重合型レジンと貴金属合金とを接着させるための表面処理法として、Adlloy 改質法とスズ電析法 II が有効であることが明らかになった。

2. M-プライマー法、V-プライマー法、シリコーター法、スズ電析法 I による表面処理では、100°C の温水中での加熱によって表面改質効果が失われることが明らかになった。

3. Adlloy 改質法とスズ電析法 II を用いた際の、フィニッシングライン部の形態について検討した結果、同部

に、緩やかな傾斜面を付与し、レジン厚さを移行的に薄くすることによって、接着境界部の漏洩を完全に防止できることが明らかとなった。

稿をおえるに臨み、終始ご懇篤なるご指導とご校閲を賜りました恩師平井敏博教授に深甚なる謝意を表すとともに、本研究を進めるにあたり多大のご教示とご校閲を頂きました本学歯理工学講座 大野弘機教授に謹んで感謝の意を表します。また、貴重なご指導とご教示を頂きました歯科補綴学第一講座 越野 寿講師に深く感謝の意を表すとともに、多くのご支援を頂きました歯科補綴学第一講座各位ならびに歯理工学講座の諸先生に厚くお礼申し上げます。そして最後に材料を提供して頂いた (株) 日本橋徳力の皆様に心より感謝いたします。

なお、本論文の一部は、第 24 回日本歯理工学会学術講演会 (平成 6 年 9 月 24, 25 日, 新潟)、第 93 回日本補綴歯科学会学術大会 (平成 7 年 6 月 9, 10 日, 横浜)、平成 7 年度日本補綴歯科学会東北・北海道支部学術大会 (平成 7 年 9 月 2 日, 札幌) において発表した。

文 献

- 1) 竹山守男, 榎渕信郎, 中林宣男ほか. 歯科用即硬性レジンに関する研究 (第 17 報) 歯質および歯科用金属に接着するレジン. 歯理工誌 19・47: 179-185, 1978.
- 2) 小島克則. SH 基を有する官能性モノマーの歯質および歯科用合金への接着に関する研究. 歯材器 5: 92-105, 1986.
- 3) 田中卓男, 永田勝久, 竹山守男ほか. 歯科用合金に接着するオベークレジンの研究. 歯理工誌 21・54: 95-102, 1980.
- 4) 森 栄, 河村訓陸, 岩井正彦ほか. シリコーター法による金属とレジンの接着強さの評価. 愛院大歯誌 25: 170-175, 1987.
- 5) 安田 登, 佐々木三男, 茂木知治ほか. Co-Cr 系金属床義歯の Finishing Line における金属とレジンの結合状態について 第 1 報 Finishing Line の断面形態が色素侵入に及ぼす影響. 補綴誌 22: 521-524, 1978.
- 6) 安田 登, 佐々木三男, 茂木知治ほか. Co-Cr 系金属床義歯の Finishing Line における金属とレジンの結合状態について 第 2 報 新しい接着性レジンモノマー 4-META の Finishing Line への応用. 補綴誌 22: 525-531, 1978.
- 7) 佐々木三男, 安田 登, 茂木知治ほか. Co-Cr 系金属床義歯の Finishing Line における金属とレジンの結合状態について 第 3 報 Finishing Line の断面形態について. 補綴誌 23: 356-360, 1979.
- 8) 安田 登, 佐々木三男, 茂木知治ほか. Co-Cr 系金属床義歯の Finishing Line における金属とレジンの結合状態について 第 4 報 4-META coating system の臨床経過観察. 補綴誌 23: 361-366, 1979.
- 9) 佐々木三男, 安田 登, 茂木知治ほか. Co-Cr 系金属床義歯の Finishing Line における金属とレジンの結合状態について 第 5 報 金属とレジンの接着が曲げ強さに及ぼす影響について. 補綴誌 24: 571-574, 1980.
- 10) 安田 登, 佐々木三男, 藍 稔. Co-Cr 系金属床義歯の Finishing Line における金属とレジンの結合状態について 第 6 報

- 4-META dough system の臨床経過観察. 補綴誌 26 : 223-227, 1982.
- 11) 安田 登, 佐々木三男, 篠ヶ谷竜哉ほか. Co-Cr 系金属床義歯の Finishing Line における金属とレジンの結合状態について第7報 4-META system の5年後の臨床経過観察. 補綴誌 29 : 761-765, 1985.
- 12) 小島克則, 門磨義則, 今井庸二. トリアジンジチオン誘導体モノマーを利用した貴金属の接着. 歯材器 6 : 702-707, 1987.
- 13) Tanaka T, Atsuta M, Nakabayashi N et al. Surface treatment of gold alloy for adhesion. J Prosthet Dent 60 : 271-279, 1988.
- 14) 大野弘機. 金属の表面構造と接着. 接着歯学 6 : 57-66, 1988.
- 15) Ohno H. A new conversion method of metal surfaces for resin bonding—Conversion effects for pure metals in dental precious metal alloys—. Dent Jpn 27 : 101-108, 1990.
- 16) Ishijima T, Caputo AA, Mito R. Adhesion of resin to casting alloys. J Prosthet Dent 67 : 445-449 1992.
- 17) Ohno H, Araki Y, Endo K. A new method for promoting adhesion between precious metals and dental adhesives. J Dent Res 71 : 1326-1331, 1992.
- 18) 尾花甚一. 金属床の再認識. 補綴臨床 7 : 3-4, 1974.
- 19) 鈴木一臣. 錫電析法による歯科用金属の被着面処理. 接着歯学 6 : 169-176, 1988.
- 20) 松田浩一, 大野弘機, 日景 盛ほか. Ga-Sn 合金 (アドロイ-OH) による金属被着体表面改質法の保存・補綴学領域への臨床応用と臨床成績. 東日本歯誌 11 : 67-74, 1992.
- 21) 佐久間徹郎, 幾島啓介. 金属接着プライマー “ジーシーメタルプライマー” の接着性能について. 歯材器 12・21 特別号 : 92-93, 1993.
- 22) Tiller HJ, Kaiser WD, Kleinert H. Grundlagen und Technische Anwendungsgebiete des Sillicoater-Verfahrens. Korrosion 20 : 227-236, 1989.
- 23) 茂木知治. メタクリルレジンと床用 Co-Cr 合金の接着に関する基礎的研究—4-メタクリロキシエチルトリメリット酸無水物の効果—. 補綴誌 23 : 660-676, 1979.
- 24) 山下 敦, 山見俊明, 石井雅之ほか. 加工義歯における接着性レジンの応用 その3 接着性レジン用ニッケルクロム合金とその接着強さならびに接着耐久性について. 補綴誌 26 : 1118-1127, 1982.
- 25) 平澤 忠, 月野光男, 山根正次. 歯科用メタクリルレジンに関する研究 (第1報) 床用メタクリルレジンの組成について. 歯理工誌 12・23 : 93-100, 1971.
- 26) Sweeney WT, Paffenbarger GC, Beall JR. Acrylic resin for dentures. J Am Dent Assoc 29 : 7-33, 1942.